

Chapitre 1: Rappel sur le routage et le transfert de paquets

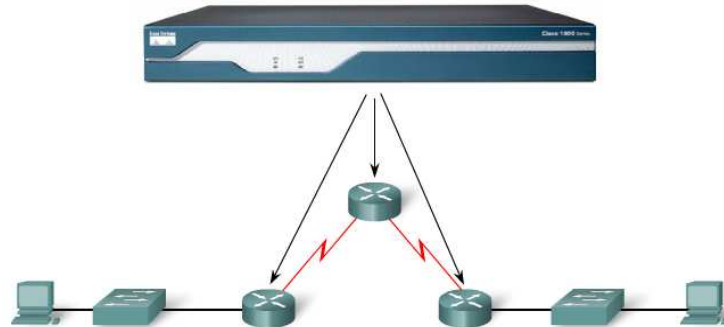
Fatma Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - 2012/2013
2^{ème} année Ingénieur Info - ESTI

Plan

1. Le routeur
 1. Vue d'ensemble
 2. Processeur et mémoire
 3. Internetwork Operating System
 4. Processus d'amorçage
 5. Interfaces
 6. Routeur et couche réseau
2. Configuration routeur de base
3. Élaboration table de routage
 1. Exemple de table de routage
 2. Principes d'une table de routage
4. Détermination du chemin
5. La fonction de commutation

1. Le routeur

- Centre du réseau = jonction, intersection, qui relie plusieurs réseaux IP
- But = relier un réseau à un autre
 - Responsable de transmission paquets à travers différents réseaux
 - Décision principale basée sur infos de couche 3: l'@ IP de destination
 - Transmission doit être **rapide** et **efficace**



F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

3

1. Le routeur

- Aujourd'hui
 - Routeurs ajoutés aux satellites dans l'espace ↔ capables d'acheminer trafic IP entre satellites, d'une manière similaire à l'envoi de paquets sur terre → réduire délais et accroître flexibilité des réseaux
- Nouvelles demandes réseaux actuels vis-à-vis des routeurs:
 - Assurer disponibilité → accessibilité réseaux (chemins de remplacement)
 - Fournir services intégrés de données, vidéo et voix sur réseaux filaires et sans fil (hiérarchisation de la QoS des paquets IP)
 - Réduire impact vers, virus et autres attaques (filtrage des paquets)

F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

4

1.1. Vue d'ensemble du routeur

- Routeur = ordinateur
 - Composants matériels et logiciels communs avec d'autres ordinateurs
 - Processeur
 - RAM
 - ROM
 - Système d'exploitation
 - Relie plusieurs réseaux ➡ plusieurs interfaces appartenant chacune à un réseau IP différent
 - Fonction principale = diriger les paquets destinés à des réseaux locaux et distants en :
 - déterminant le meilleur chemin pour l'envoi des paquets
 - transférant les paquets vers leur destination
- ➡ Utilisation de la table de routage

1.1. Vue d'ensemble du routeur

- **Vue de face**
 - Routeur ISR 1841, relativement économique, destiné aux petites et moyennes entreprises et aux agences (combine fonctions de services de données, de sécurité et sans fil)



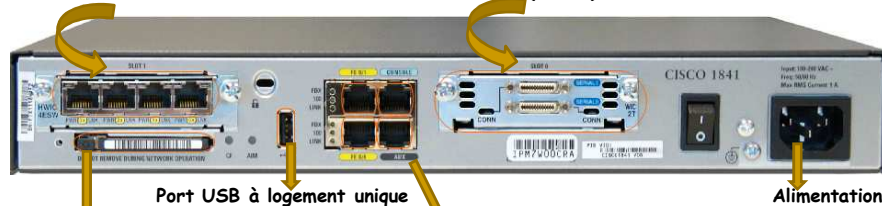
Diodes électroluminescentes (LED)
➡ état de connexion de chaque port

1.1. Vue d'ensemble du routeur

■ Vue arrière

Carte d'interface WAN haut débit (HWIC)
à détection automatique Cisco EtherSwitch
10BASE-T/100BASE-TX 4 ports

Logements de carte d'interface WAN
haut débit (HWIC)



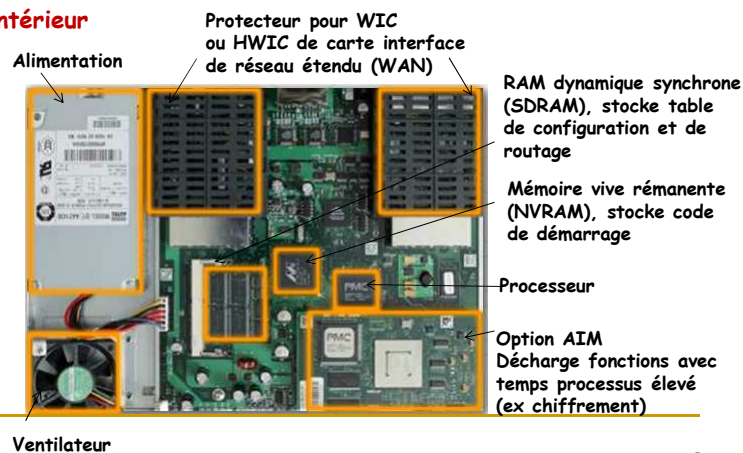
F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

7

1.2. Processeur et mémoire

- Plusieurs modèles de routeurs mais même composants matériels
 - Selon le modèle, composants à différents emplacements

■ Vue de l'intérieur



F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

8

1.2. Processeur et mémoire

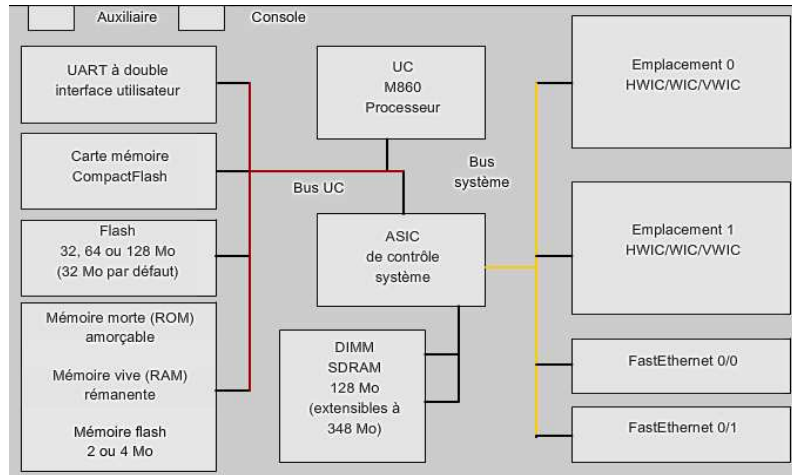
- Autres composants du routeur:
 - **Unité centrale (UC)**
 - **Mémoire vive (RAM):** volatile
 - **Mémoire morte (ROM):** permanente
 - **Mémoire flash:** non volatile pouvant être stockée et effacée électriquement. Ne perd pas son contenu lorsque le routeur est mis hors tension ou redémarré.
 - **Mémoire vive non volatile:** non volatile, ne perd pas les informations qu'elle contient lorsque le système est mis hors tension
 - S'oppose aux formes les plus courantes de mémoire vive, telles que la mémoire vive dynamique (DRAM), qui nécessite une alimentation continue pour conserver les informations

1.2. Processeur et mémoire

- **Unité centrale (UC):** Exécute instructions système d'exploitation
 - Initialisation système, fonctions de routage, commutation
- **Mémoire vive (RAM):** Stocke instructions et données requises pour exécution par UC:
 - IOS Cisco copié dans mémoire vive pendant amorçage
 - Fichier configuration en cours (running-config)
 - Table de routage IP
 - Cache ARP
 - Mémoire tampon de paquets : paquets stockés temporairement dans mémoire tampon lors de réception avant émission
- **Mémoire morte (ROM):** enregistre
 - Instructions d'amorçage
 - Logiciel de diagnostic de base
 - Version réduite d'IOS
- **Mémoire flash:** stockage permanent pour Cisco IOS
 - barrettes SIMM ou cartes PCMCIA (mise à niveau possible)
- **Mémoire vive non volatile:** stockage permanent pour fichier configuration initiale (startup-config)

1.2. Processeur et mémoire

- Schéma logique des composants internes d'un routeur Cisco 1841



F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

11

1.3. Internetwork Operating System

- Cisco Internetwork Operating System (IOS) = logiciel du système d'exploitation utilisé dans routeurs Cisco
 - Gestion ressources matérielles et logicielles du routeur: allocation mémoire, processus, sécurité et systèmes de fichiers
 - Multitâche, intégré aux fonctions de routage, de commutation, d'interconnexion et de télécommunications
- Image IOS = fichier contenant l'IOS entier pour un routeur donné
 - Selon modèle routeur et fonctions intégrées à l'IOS, création de nombreux types d'images IOS différentes
 - En général, plus l'IOS comprend de fonctions, plus l'image IOS est grande et plus la quantité de mémoire flash et de mémoire vive nécessaire au stockage et au chargement de l'IOS est importante
 - Ex fonctions telles que exécution IPv6 ou NAT

F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

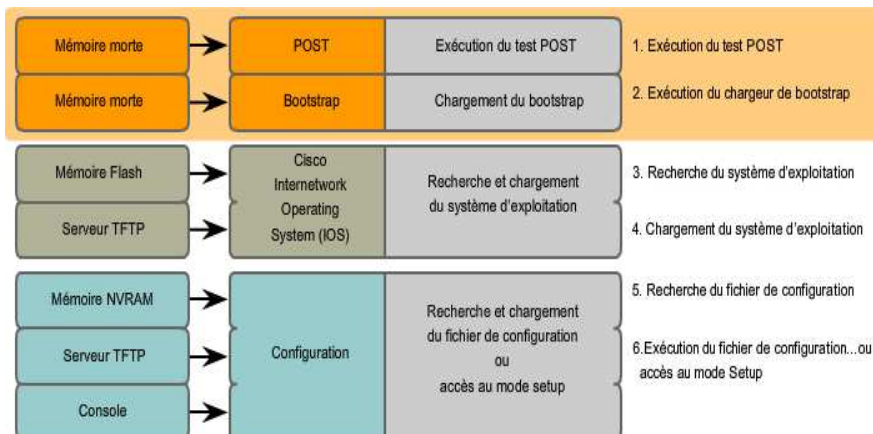
12

1.3. Internetwork Operating System

- Lors de l'amorçage, fichier configuration initiale enregistré dans mémoire vive non volatile copié dans mémoire vive et enregistré en tant que fichier de configuration en cours
- IOS exécute commandes configuration dans fichier « running-config »
- Toute modification est enregistrée dans la configuration en cours et immédiatement implémentée par l'IOS

1.4. Processus d'amorçage

- Quatre phases principales:
 1. Test automatique mise sous tension (POST): tester matériel (diagnostics)
 2. Chargement programme d'amorçage
 3. Localisation chargement logiciel Cisco IOS
 4. Localisation et chargement fichier config initiale ou passage en mode Config



1.4. Processus d'amorçage

- Vérification : **show version**
 - version logiciel Cisco IOS active, programme d'amorçage, info sur configuration matérielle: quantité de mémoire système, etc.

Version de l'IOS	Router#show version Cisco Internetwork Operating System Software IOS (tm) C2600 Software (C2600-I-M), Version 12.2(28), RELEASE SOFTWARE (fc5)
Version du programme amorce ou bootstrap	Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport Copyright (c) 1986-2005 by cisco Systems, Inc. Compiled Wed 27-Apr-04 19:01 by mivang Image text-base: 0x8000808C, data-base: 0x80A1FECC ROM: System Bootstrap, Version 12.1(3r)T2, RELEASE SOFTWARE (fc1)
Modèle et UC	CDATA[Copyright (c) 2000 by cisco Systems, Inc. ROM: C2600 Software (C2600-I-M), Version 12.2(28), RELEASE SOFTWARE (fc5) System returned to ROM by reload System image file is "flash:c2600-i-mx.122-28.bin"
Quantité de mémoire vive (RAM)	cisco 2621 (MPC860) processor (revision 0x200) with 60416K/5120K bytes of memory. Processor board ID JAD05190MT2 (4292891495) M860 processor: part number 0, mask 49 Bridging software. X.25 software, Version 3.0.0.
Vombre et types d'interfaces	2 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s) 2 Low-speed serial(sync/async) network interface(s)
Quantité de NVRAM	32K bytes of non-volatile configuration memory.
Quantité de mémoire flash	16384K bytes of processor board System flash (Read/Write) Configuration register is 0x2102 Router#

1.5. Interfaces du routeur

- **Ports de gestion**
 - Connecteurs physiques utilisés pour gérer le routeur (pas pour le transfert de paquets)
 - **Port de console**
 - Connecter un terminal pour configurer routeur sans accéder au réseau (pendant configuration initiale)
 - **Port auxiliaire**
 - Facultatif. Utilisé de façon similaire au port de console, permet de relier un modem

1.5. Interfaces du routeur

- **Interface** = connecteur physique dont le rôle principal est de recevoir et de transférer des paquets
 - Plusieurs interfaces pour se connecter à plusieurs réseaux
 - Remarque : une interface unique sur un routeur peut servir à se connecter à plusieurs réseaux (router on a stick)
 - Se connectent à différents types de réseaux → nécessité de différents types de supports et de connecteurs



Réseau local (LAN)

Réseau étendu (WAN)

F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

17

1.5. Interfaces du routeur

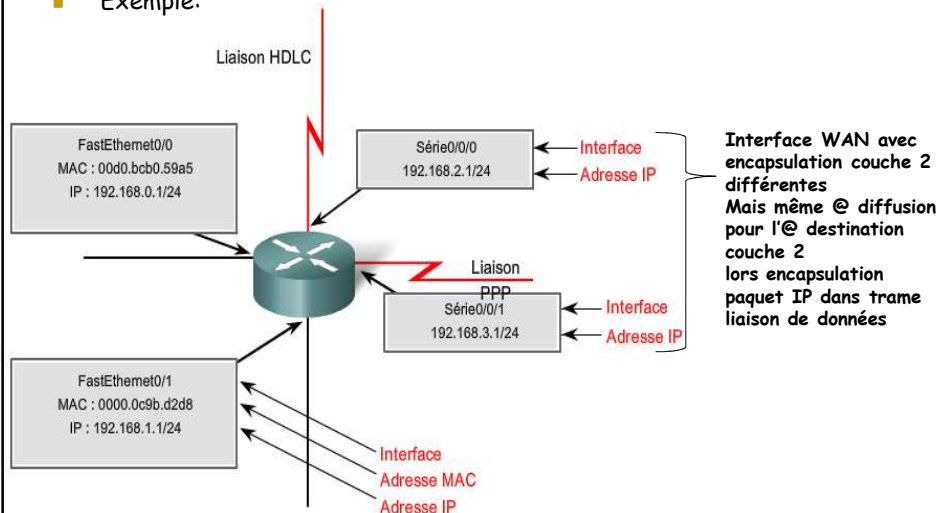
- Chaque interface configurée avec @ IP et masque de sous-réseau d'un réseau différent
 - Dans Cisco IOS, deux interfaces actives du même routeur ne peuvent pas appartenir au même réseau
- Interfaces classées en deux groupes principaux :
 - **Interfaces LAN** - Ethernet et FastEthernet
 - Connecter routeur au réseau local (@MAC et protocole d'accès)
 - RJ45 prenant en charge des câbles à paires torsadées non blindées
 - Câble direct si routeur connecté à commutateur
 - Câble croisé si deux routeurs directement connectés ou carte PC directement connectée
 - **Interfaces WAN** - série, RNIS et Frame Relay
 - Connecter routeur à réseaux externes, distance importante
 - Encapsulation de couche 2 de différents types, PPP, Frame Relay et HDLC (High-Level Data Link Control)
 - Pas d'utilisation d'@MAC

F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

18

1.5. Interfaces du routeur

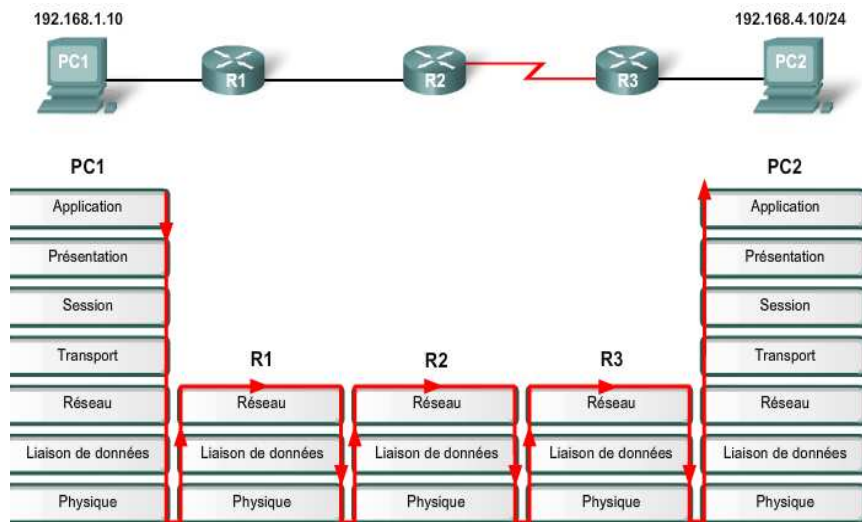
■ Exemple:



1.6. Routeur et couche réseau

- **Routing** ↔ processus de décision de transfert de paquets
 - Basé sur informations paquet IP de couche 3 (@IP destination) ➡ **routeur = relevant de la couche 3**
 - Routeur reçoit paquet, examine @IP destination
 - Si ∉ réseaux directement connectés, transférer paquet à autre routeur ↔
 - Consultation table de routage
 - Si correspondance trouvée ➡ paquet encapsulé trame liaison de données de couche 2 pour interface sortante (HDLC, Ethernet, etc.) ➡ trame de couche 2 encodée dans signaux physiques de couche 1 utilisés pour représentation bits sur liaison physique
 - Au final, paquet atteint routeur dans le réseau correspondant à @IP destination paquet
- **Routeur** ↔ action au niveau 1, 2 et 3

1.6. Routeur et couche réseau



F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

21

2. Configuration routeur de base

- Conception nouveau réseau ou mappage réseau existant ➡ important de fournir explications écrites sur réseau:
 - schéma de topologie présentant connectivité physique
 - table d'adressage listant:
 - Noms périphériques
 - Interfaces utilisées
 - Adresses IP et masques sous-réseau
 - Adresses passerelles par défaut périphériques finaux (PC)

F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

22

2. Configuration routeur de base

- Étape à suivre:

Syntaxe des commandes de configuration des paramètres de base d'un routeur	
Attribution d'un nom au routeur	Router (config) #hostname <i>name</i>
Définition des mots de passe	Router (config) #enable secret <i>password</i>
	Router (config) #line console 0
	Router (config-line) #password <i>password</i>
	Router (config-line) #login
	Router (config) #line vty 0 4
	Router (config-line) #password <i>password</i>
	Router (config-line) #login
Configuration d'une bannière de message du jour	Router (config) #banner motd # <i>message #</i>

2. Configuration routeur de base

- Configuration des interfaces

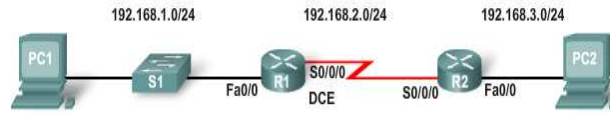
Syntaxe des commandes de configuration des paramètres de base d'un routeur	
Configuration d'une interface	Router (config) #interface <i>type number</i>
	Router (config-if) #ip address <i>address mask</i>
	Router (config-if) #description <i>description</i>
	Router (config-if) #no shutdown
Enregistrement des modifications apportées à un routeur	Router #copy running-config startup-config
Vérification des informations renvoyées par les commandes show	Router #show running-config
	Router #show ip route
	Router #show ip interface brief
	Router #show interfaces

- **Description:** conseillée sur chaque interface (documenter sur réseau: type, présence éventuelle d'autres réseaux, etc.)
 - Texte limité à 240 caractères
 - Sur réseaux de production, utile au cas de dépannage
 - Si interface connectée à FAI ou opérateur, entrer info tierces de connexion et de contact

2. Configuration de base: exemple

```
Router>enable
Router#
Router#config t
Router(config)#hostname R1
R1(config)#
R1(config)#enable secret class
R1(config)#line console 0
R1(config-line)#password cisco
R1(config-line)#login
R1(config-line)#exit
R1(config)#line vty 0 4
R1(config-line)#password cisco
R1(config-line)#login
R1(config-line)#exit
R1(config)#banner motd #
Enter TEXT message. End with
the character '#'
!! Unauthorized Access
Prohibited!!#

R1(config)#interface
FastEthernet0/1
R1(config-if)#ip address
192.168.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#description R1 LAN
R1(config-if)#no shutdown
R1(config-line)#exit
R1(config)#interface Serial0/0
R1(config-if)#ip address
192.168.2.1 255.255.255.0
R1(config-if)#description Link to
R2
R1(config-if)#clock rate 64000
R1(config-if)#no shutdown
```



2. Configuration de base: exemple

R1#show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0

R1#show ip interface brief

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	192.168.1.1	YES	manual	up	up
FastEthernet0/1	unassigned	YES	manual	administratively down	down
Serial0/0/0	192.168.2.1	YES	manual	up	up
Serial0/0/1	unassigned	YES	manual	administratively down	down
Vlan1	unassigned	YES	manual	administratively down	down

Afficher informations sur configuration interface (@IP, état)
show interfaces contient en plus des statistiques

Afficher table de routage utilisée par IOS pour choisir meilleur chemin

3. Élaboration table de routage

- Table de routage = fichier dans mémoire vive ↔ infos sur route à emprunter pour réseaux directement connectés et réseaux distants
 - Associations réseau/tronçon suivant ↔ une destination peut être atteinte de manière optimale en envoyant paquet à routeur « tronçon suivant » sur chemin vers destination finale
 - Association tronçon =
 - interface de sortie vers destination finale → réseaux distants
 - Besoin de **routage statique** ou **protocoles de routage dynamique** pour les rajouter
 - @ réseau destination paquet IP → réseaux directement connectés
 - Seuls réseaux affichés dans table tant que routage statique ou dynamique n'est pas configuré
 - Importance capitale pour décisions de routage ↔ impossible d'envoyer paquet à interface si non activée avec @IP et masque de sous-réseau

F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

27

3.1. Exemple table de routage

```

R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - BGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
  
```

Table de routage avec réseau distant pour PC1
Les ordinateurs possèdent aussi une table de routage !!!

```

C:\>route print

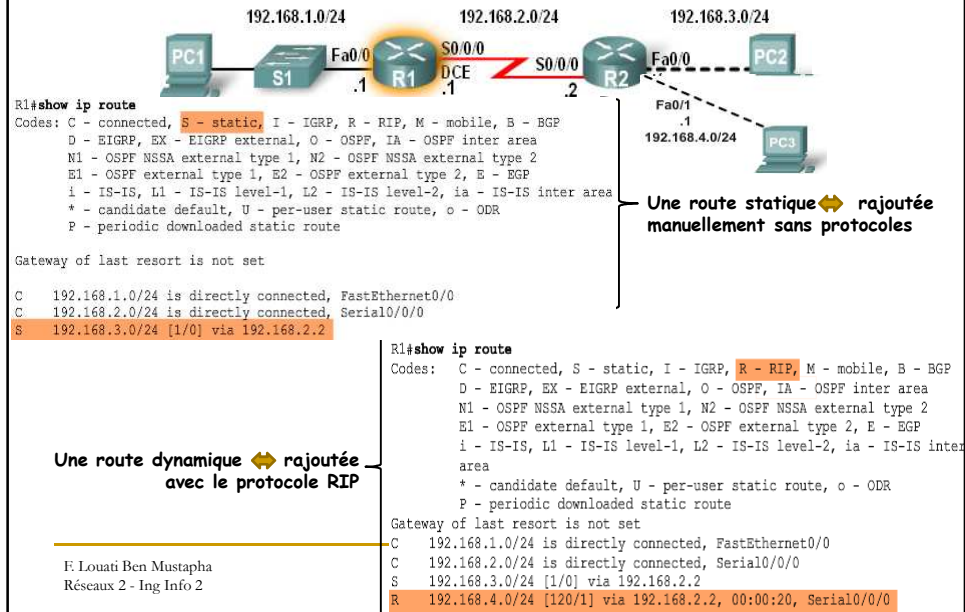
Interface List
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 11 25 af 40 9b ..... Intel(R) PRO/1000 MT Mobile Connection

Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway           Interface        Metric
0.0.0.0                    0.0.0.0          192.168.1.1       192.168.1.1       10
127.0.0.0                  255.0.0.0        127.0.0.1         127.0.0.1         1
192.168.1.0                255.255.255.0    192.168.1.1       192.168.1.1       10
192.168.1.10              255.255.255.0    127.0.0.1         192.168.1.1       10
224.0.0.0                  240.0.0.0        192.168.1.10     192.168.1.10     10
255.255.255.255           255.255.255.255  192.168.1.10     192.168.1.10     1
Default Gateway:          192.168.1.1
  
```

Affichage réseaux directement connectés (aucun routage statique, aucun protocole dynamique)

F. Louati Ben Mustapha
Réseaux 2 - Ing Info 2

3.1. Exemple table de routage



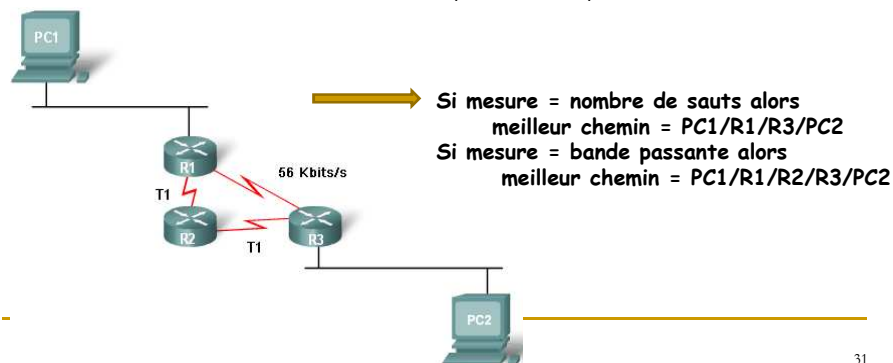
3.2. Principes d'une table de routage

Trois principes fondamentaux:

1. Chaque routeur prend sa décision seul, en se basant sur les informations disponibles dans sa table de routage
2. Le fait qu'un routeur ait certaines informations dans sa table de routage ne veut pas dire que les autres routeurs disposent des mêmes informations
3. Les informations de routage liées à un chemin menant d'un réseau à un autre ne fournissent pas d'informations de routage sur le chemin inverse ou de retour (routage asymétrique)

4. Détermination du chemin

- Meilleur chemin ↔ évaluation de plusieurs chemins menant au même réseau destination et choix chemin optimal ("le plus court")
 - Plusieurs chemins ↔ chaque chemin une interface sortie différente
 - Sélection par protocole de routage, utilisation valeur ou **mesure** pour déterminer distance à parcourir pour atteindre un réseau
 - Ex: Nombre de sauts (RIP), capacité bande passante (OSPF)



31

4. Détermination du chemin

- Si plusieurs chemins avec la même mesure ↔ "mesure à coût égal"
 - ➔ équilibrage de charge ➔
 - Amélioration de l'efficacité
 - Performance du réseau
 - Possibilité d'équilibrage de charge même si coût inégal pour certains protocoles de routage dynamique (EIGRP, IGRP)
- Après détermination chemin, trois possibilités:
 - Réseau directement connecté ➔ paquet délivré à la destination
 - Réseau distant ➔ paquet transféré à un autre routeur
 - Aucune route déterminée ➔ route par défaut sinon paquet abandonné

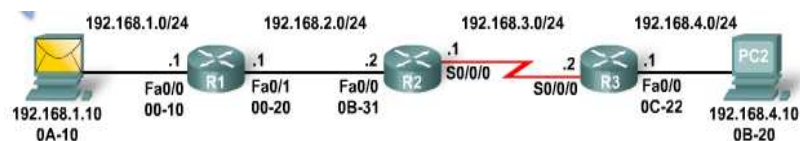
32

5. La fonction de commutation

- Fonction de commutation = processus utilisé pour accepter paquet sur une interface et le transférer à une autre interface
 - Responsabilité principale ↔ encapsuler paquets dans type frame liaison de données adéquat pour liaison de données de sortie
- Actions d'un routeur
 1. Décapsuler paquet de couche 3
 2. Examiner @IP destination pour trouver meilleur chemin
 3. Encapsuler paquet dans nouvelle trame de couche 2 et transférer trame à interface de sortie

5. La fonction de commutation

Paquet à destination de PC2 ↔ Détermination du chemin (lecture données couche 3) → PC2 sur autre réseau → encapsulation paquet et envoi à la passerelle (recherche @MAC passerelle)



Trame de liaison de données de couche 2 Données de couche 3 du paquet

MAC dest. 00-10	MAC source 0A-10	Type 800	IP dest. 192.168.4.10	IP source 192.168.1.10	Champs IP	Données	Queue de bande
-----------------	------------------	----------	-----------------------	------------------------	-----------	---------	----------------

Cache ARP du PC1 pour le routeur R1	
Adresse IP	Adresse MAC
192.168.1.1	00-10